

**Evaluación del sistema de fertirrigación superficial y sub superficial en el Cultivo de  
Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en un Mollisol del departamento del Valle del  
Cauca**

Andrés Felipe Sanabria Domínguez

Farid Andrés Narváez Arboleda

Alejandro Otero Borrero

Ing. Maria del Carmen Garces Garcia

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuaria y del medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

Mayo, 2021

**Evaluación del sistema de fertirrigación superficial y sub superficial en el Cultivo de  
Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en un Mollisol del departamento del Valle del  
Cauca**

Andrés Felipe Sanabria Domínguez

Farid Andrés Narváez Arboleda

Alejandro Otero Borrero

Directora

Maria Del Carmen Garces MSc (C)

Trabajo de grado para optar por el título de

**AGRÓNOMO**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuaria y del medio Ambiente ECAPMA

Programa de Agronomía

CEAD Palmira

Mayo, 2021

### **Dedicatoria**

**Dios.** Nuestro creador que nos dio la vida y permitió que desarrolláramos nuestros estudios en esta prestigiosa Universidad.

**Nuestras madres.** Adriana Dominguez, Deyanira Arboleda y Josefina Borrero, por constituirse en bastión importante para el logro que estamos alcanzando y sea para ellas una pequeña recompensa y satisfacción al sacrificio realizado.

**Los tutores.** Que hicieron parte de este sueño y nos enriquecieron con sus conocimientos.

**Las personas.** Que han sido parte importante en las diferentes etapas de nuestras vidas, especialmente a nuestras familias que con su amor y dedicación nos dan el impulso necesario para salir adelante con nuestras metas.

**A todos los colaboradores del ingenio providencia.** Quienes trabajan día a día incansablemente para alcanzar las metas de productividad especialmente durante el proceso de Producción y Cosecha de Caña de Azúcar, lo que les permite llevar el sustento y cubrir las necesidades de su familia.

### **Agradecimientos**

El más sincero agradecimiento a nuestra tutora y guía a lo largo de este proyecto, la profesora Maria Del Carmen Garces. Quien nos brindó sus conocimientos y sabiduría desde el primer momento.

A el ingeniero Julian Pienda, por su disposición y apoyo durante la fase experimental y analítica en laboratorio.

Al programa de agronomía, por formarnos como excelentes profesionales y permitirnos ser personas útiles a la sociedad.

## Índice

Introducción .....	14
Planteamiento del problema.....	15
Justificación.....	17
Hipótesis.....	19
Objetivos .....	20
Objetivo general .....	20
Objetivos específicos.....	20
Marco conceptual y teórico.....	21
Metodología .....	35
Fase revisión bibliográfica .....	35
Fase de campo .....	35
Resultados y análisis .....	49
Conclusiones .....	61
Recomendaciones.....	62
Bibliografía .....	63
Anexos.....	65

### Lista de tablas

Tabla 1 Componentes de un sistema de riego por goteo.....	23
Tabla 2 Impacto potencial del uso de la fertirrigación.....	26
Tabla 3 Ventajas del sistema de riego por goteo sub superficial sobre el sistema de goteo superficial.....	28
Tabla 4 Requerimientos nutricionales en el cultivo de caña de azúcar de la suerte 52E ..	40
Tabla 5 Requerimientos nutricionales en el cultivo de caña de azúcar de la suerte 55 ....	40
Tabla 6 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 1 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.....	41
Tabla 7 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	41
Tabla 8 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 1 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración. ....	42
Tabla 9 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	42
Tabla 10 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 2 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.....	42
Tabla 11 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	43
Tabla 12 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 2 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración. ....	43
Tabla 13 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	44

Tabla 14 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 3 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.....	44
Tabla 15 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	45
Tabla 16 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 3 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración. ....	46
Tabla 17 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	46
Tabla 18 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 4 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.....	47
Tabla 19 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	47
Tabla 20 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 4 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración. ....	47
Tabla 21 Productos se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días.....	48
Tabla 22 Costos de instalación y reparación del sistema de fertirriego sub superficial en la caña de azucar.....	56
Tabla 23 Costos de instalación y reparación del sistema de fertirriego superficial en la caña de azucar.....	57

## Lista de figuras

Ilustración 1 Diseño experimental del ensayo de fertirriegos en el cultivo de caña de azúcar .....	39
Ilustración 2 Nitrogeno acumulado con diferentes fuentes en el fertirriego subsuperficial .....	49
Ilustración 3 Nitrogeno acumulado con diferentes fuentes en el fertirriego superficial ...	50
Ilustración 4 Nitrogeno acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de urea .....	51
Ilustración 5 Nitrogeno acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de nitrox .....	52
Ilustración 6 Fósforo acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de acido fosforico .....	52
Ilustración 7 Potasio acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de kcl..	53
Ilustración 8 Boro acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de boro liquido .....	54
Ilustración 9 Zinc acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de quelato de zinc .....	54
Ilustración 10 Toneladas de caña por hectarea cosechadas en cada una de las suertes (52E sistema subsuperfical y 55 sistema superficial).....	55
Ilustración 11 Toneladas de caña por hectarea mes en cada una de las suertes (52E sistema subsuperfical y 55 sistema superficial).....	55
Ilustración 12 Costos de producción del sistema de fertirriego en las dos modalidades en el cultivo de caña de azucar .....	58





## Resumen

**Palabras clave:** Fertirrigación, Goteo, Riego, *Saccharum officinarum*, evaluación

El sector azucarero se encuentra principalmente ubicado en el departamento del valle geográfico del río Cauca, cuenta con un total de 225.560 hectáreas en donde el 25 % es de los ingenios azucareros y el 75% pertenecen a más de 2.750 cultivadores de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), estos son los que abastecen a los 13 ingenios que son con los que cuenta la región. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el valle geográfico del río Cauca establece el segundo renglón de la economía, a nivel nacional, genera 2.5 millones de empleos que dependen directa o indirectamente del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Colombia, el valle geográfico del río Cauca cuenta con 188 mil empleos directos o indirectos en 42 municipios. Actualmente hay un déficit en el proceso de la fertirrigación que se realiza por el sistema de riego por goteo teniendo como problema la pérdida de los productos por volatilización y lavado de nutrientes por erosión hídrica dejando como consecuencia mal desarrollo fisiológico de las plantas y pérdidas económicas, debido a esto se establece un proyecto que pretende evaluar el proceso de fertirrigación en el sistema de riego por goteo con cinta superficial y cinta subsuperficial con productos sólidos y líquidos. (Cenicaña Colombia, n.d.).

En este ingenio el sistema de riego por goteo está siendo muy influyente debido a los escasos de agua por lo cual es muy importante ya que es un sistema que ayuda a optimizar el recurso hídrico aplicando la cantidad necesaria de forma uniforme y en el momento oportuno en el que la planta lo requiere.

Por otro lado, la fertilización se realiza de forma mecánica con agricultura de precisión cuyo índice de aplicación se encuentra entre un 90 a 95% de eficiencia, pero se ha encontrado

que algunos productos no son aprovechados eficazmente por la planta debido a su volatilidad y que el suelo en algunos casos no cumple con los requisitos para una buena absorción de los nutrientes por parte de la planta.

Teniendo en cuenta la importancia del recurso hídrico y la fertilización en el cultivo de la caña de azúcar el ingenio ha decidido implementar el sistema de fertiirrigación para un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de la planta.

### **Abstract**

Keywords: Fertigation, Drip, Irrigation, *Saccharum officinarum*, evaluation

The sugar sector is mainly located in the department of the geographic valley of the Rio Cauca, it has a total of 225,560 hectares where 25% are from sugar mills and 75% belong to more than 2,750 sugar cane growers (*Saccharum officinarum*), these are the ones that supply the 13 mills that the region has. Sugar cane (*Saccharum officinarum*) in the geographic valley of the Rio Cauca establishes the second line of the economy, at the national level, generates 2.5 million jobs that depend directly or indirectly on the cultivation of sugar cane in Colombia, the geographic valley of the Rio Cauca has 188 thousand direct or indirect jobs in 42 municipalities. Currently there is a deficit in the fertigation process that is carried out by the drip irrigation system, with the problem of loss of products due to volatilization and washing of nutrients due to water erosion, resulting in poor physiological development of plants and economic losses. Due to this, a project is established that aims to evaluate the fertigation process in the drip irrigation system with surface tape and subsurface tape with solid and liquid products. (Cenicaña Colombia, n.d.).

In this mill, the drip irrigation system is being very influential due to the scarcity of water, which is why it is very important since it is a system that helps to optimize the water resource by applying the necessary amount uniformly and at the right time in the one that the plant requires.

On the other hand, fertilization is carried out mechanically with precision agriculture whose application rate is between 90 to 95% efficient, but it has been found that some products are not used effectively by the plant due to their volatility and that the soil in some cases does not meet the requirements for a good absorption of nutrients by the plant.

Taking into account the importance of water resources and fertilization in the cultivation of sugar cane, the mill has decided to implement the fertigation system for a better use of nutrients by the plant.

## Introducción

Con el presente trabajo, se realizó una investigación bibliográfica a fondo del sistema de fertirrigación con riego por goteo aplicado en caña de azúcar, en donde se llevó a cabo un estudio de campo en la hacienda piedechinche del ingenio providencia lo cual ayudo a contribuir aspectos importantes para el beneficio del sector azucarero en el departamento del valle del cauca.

Debido a que la labor de riego representa el 27% de los costos de producción y la labor de abonamiento representa un 15% de los costos de producción del cultivo es importante tener en cuenta los estándares de calidad en estas dos labores.

En muchos casos se puede presentar perdidas en esta labor donde se implementan estrategias que pueden reducir en gran medida las fallas operativas y se evalúan alternativas para mejorar el aprovechamiento de la absorción de nutrientes por parte de la planta, con el fin de incrementar el rendimiento en producción y la rentabilidad económica para el ingenio.

La fertirrigación es considerada una de las labores más eficientes en el sector azucarero ya que se aplica el riego y se fertiliza al mismo tiempo ahorrando costos de aplicación de fertilizante y suministrando en el momento oportuno.

La presente investigación pretendió evaluar el sistema de fertirriego superficial y sub superficial en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en un molisol del valle del cauca y se analizo el comportamiento de la planta con la fertirrigación con cinta superficial y sub superficial aplicando productos sólidos y líquidos, y así mismo se identifico cuál de las metodologías que se evaluaron es la mas indicada en este tipo de suelo disminuyendo costos de producción y así mismo se conoció cual metodología obtuvo mejores resultados en la producción.

## Planteamiento del problema

En el ingenio providencia el cual está ubicado en el departamento del valle del cauca, municipio de el cerrito valle en busca de la optimización del recurso hídrico se implementó el proyecto de riego por goteo en la hacienda piedechinche la cual cuenta con 290 ha y en riego por goteo 107,79 ha.

La fertiirrigación es muy importante en el sector agrícola ya que ayuda a utilizar el agua conjuntamente con los fertilizantes y tiene como objetivo ahorrar agua y nutrientes incrementando los rendimientos de los cultivos (EcuRed, 2019), el ingenio providencia debido a los escasos de agua ha buscado metodologías para aprovechar el recurso hídrico y optimizar la aplicación de fertilizantes uniéndose a la disminución de la contaminación ambiental y de la explotación de recursos.

uno de los principales problemas que se han venido presentando desde los inicios de este proyecto es la fertiirrigación ya que actualmente se está fertirrigando con productos granulado con cinta superficial y algunos de estos productos como la urea que quedan a la intemperie en el momento de la aplicación son muy volátiles además las lluvias causan el lavado de nutrientes, por estos motivos la planta no alcanza a asimilar los nutrientes en su totalidad; la deficiencia de la fertiirrigación puede ocasionar en la planta diferentes desórdenes fisiológicos, pérdida del producto aplicado, vulnerabilidad a plagas y enfermedades y en consecuencia pérdidas económicas. Para la investigación nos plantamos la importancia de la eficiencia en la fertiirrigación en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Hasta el momento en el ingenio providencia no se había realizado dicha investigación para evaluar el sistema de fertirriego en estos dos tipos de cintas es por ello que se sigue utilizando la metodología de cinta superficial con productos granulados y por este motivo no se

está aprovechando al máximo este sistema de fertirriego.

Debido a esto fue preciso que se requiera identificar cuál de los dos tipos de cinta y cual de las presentaciones de los productos era la más adecuada y resultaría mas eficiente para obtener mejores rendimientos y producciones, ya que por ello resulto relevante visibilizar el experimento analizando la información y los resultados y así poner en práctica la metodología que sea mas eficiente para este sistema.

¿Cuál es la importancia de evaluar el sistema de fertiirrigación superficial y sub superficial en la hacienda?



## Justificación

En el valle del río Cauca se ha establecido el sistema de producción de caña de azúcar con riego por goteo en más de 4000 hectáreas y en la mayoría de los sitios ha aumentado la productividad; en ambientes de piedemonte se han conseguido incrementos en producción hasta del 40%. (Amaya, 2019).

Según Jorge Robledo (2015), Las verdaderas cifras de empleo en el sector azucarero y panelero oscila entre 2,15 millones de personas que dependen directa e indirectamente del cultivo de caña en Colombia son más de medio millón de familias que derivan su sustento de la agroindustria azucarera y de la panela.

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se adapta a una amplia variedad de suelos. Sin embargo, debido al sistema de riego por goteo su sistema radicular es muy superficial y la capacidad de absorción de nutrientes es mínima con la técnica actual. Por esta razón, mediante la fertiirrigación con producto líquido se busca suministrar los requerimientos edáficos del cultivo.

La fertiirrigación con productos granulados se diferencia de la fertiirrigación con productos líquidos en que permite una rápida efectividad debido a que son absorbidos rápidamente, estos tienen su origen en materiales químicos u orgánico, pueden encontrarse en el mercado en forma de suspensiones o soluciones, permiten un gran rendimiento y una gran uniformidad en el terreno.

El presente estudio se enfocó en la evaluación de la fertiirrigación en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) establecidos en la hacienda piedechinche ya que se ha venido presentando una ineficiencia en el desarrollo del cultivo, ya que actualmente se está fertirrigando

con productos granulados y lo que se busco evaluar es la eficiencia de este contra la fertirrigación de productos líquidos identificando cuál de estas dos técnicas fue más eficiente para la asimilación de nutrientes lo cual a largo plazo nos puede llevar a baja producción, así el presente trabajo nos permitio mostrar cuál de los tratamientos es más eficiente.

De acuerdo a lo anterior lo que se busco con esa investigación es dar estrategias para mejorar el rendimiento en sacarosa y tch durante el proceso productivo de la planta en la cosecha 2019-2020, así mismo con los resultados que se obtuvieron de esta investigación se buscara mejorar la calidad del fertirriego para favorecer al sector azucarero de la zona.

### **Hipótesis**

Al realizar el fertirriego subsuperficial junto con fuentes solubles en el cultivo de caña de azúcar se obtendría un mayor porcentaje de nutrientes acumulados debido a la reducción de pérdidas por la evaporación del agua que lleva consigo la volatilización del nutriente, escorrentía, percolación y lavado de nutrientes, además, el efecto de rápida absorción por las fuentes debido a la concentración del producto en las inmediaciones del sistema radicular gracias al conducto soterrado, aumentando así el rendimiento del cultivo en la hacienda piedechinche del departamento del Valle del Cauca en 2020.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el sistema de fertirriego superficial y sub superficial en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en un molisol del valle del cauca.

### **Objetivos específicos**

Identificar la tendencia de las diferentes fuentes nitrogenadas según el comportamiento fisiológico de la planta

Comparar la respuesta del cultivo a través de fertirriego superficial y subsuperficial en un molisol del Valle del Cauca

Analizar parámetros económicos asociados al efecto del sistema de riego superficial y subsuperficial en el cultivo de caña de azúcar. (*Saccharum officinarum*)

## Marco conceptual y teórico

### Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Subirós (1995), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una especie originada de nueva guinea de donde se extendió a otros lugares. Tiene alto contenido de sacarosa, sus tallos son gruesos y pesados, poca fibra y su altura es media. Posee entrenudos cortos y hojas anchas. Es fundamental conocer los aspectos de la planta, debido a que permite adecuar estas necesidades a la fertilización y el riego del cultivo. Estas labores y otras son necesarias para obtener rendimiento productivo y económico. (p. 12, 19)

La raíz de la caña de azúcar es de tipo adventicia (primordiales y permanentes), que se originan desde el tallo, bajo condiciones de irrigación la raíz se concentra en los 20 cm y los 40 cm de profundidad (como se cita en Subirós 1995, p. 21). Por lo tanto, su hábito de crecimiento determina su área de riego cerca, por ende, la fertirrigación es útil.

En el cultivo de caña de azúcar ya se han realizado riegos subterráneos, esto sucedió en Brasil, donde las líneas estuvieron a 20 y 40 cm de profundidad y se determinó que se dan mejores condiciones de contenido en humedad en el suelo y esto ofrece un adecuado equilibrio de agua y oxígeno en las raíces (Lucero et al. , 2017).

### La variedad CC 01 – 1940 de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La variedad CC 01 – 1940 es el resultado del cruzamiento entre la variedad CCSP 89 – 1997 utilizada como madre y CC 91 – 1583 como padre. Este cruzamiento que se identifica con el #414, se llevó a cabo en el año 1999 en la estación experimental de Cenicaña (CENICAÑA, 2018, p. 11).

### Morfología de la variedad de Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) CC 01 – 1940

Su tallo es de porte alto, erecto y tiene los entrenudos en zigzag; este es corto y

cilíndrico con una longitud entre 10 y 13 cm y un diámetro entre 35 y 43 mm. No tiene canal de yema y el tallo tiene mucha cera, gracias a estas características la variedad en déficit de humedad o con condiciones de altas temperaturas contribuye a su ahorro, ya que no permite la pérdida por transpiración. No presenta enraizamiento, la yema es obovada y sobrepasa el anillo de crecimiento. La hoja es mediana, ancha y curvada en la base. Esta variedad posee tallos erectos, vigorosos y un macollamiento entre 9 y 13 tallos por cepa. Su floración es escasa (como se cita en CENICAÑA, 2018, p. 13).

#### Fisiología la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Al pertenecer a las plantas C4 tiene alto potencial para la producción de biomasa y responde a altos niveles de radiación, por lo que no se fotosaturan (como se cita en CENICAÑA, 2018, p. 17).

Según CENICAÑA (2018), esta variedad a comparación de otras variedades como la CC 85 – 92 presenta mayor cantidad de biomasa seca en total, así como en tasa absoluta de crecimiento; por lo tanto, puede ser beneficioso si la producción de esta se acumula en los tallos, ya que la masa seca en el tallo es fundamental al ser el órgano económicamente importante el cual determina tres productos de interés: sacarosa, no sacarosa y fibra. (p. 22).

#### Riego por goteo en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Campos A. y Cruz D. (2018), señala que el riego por goteo para los cañicultores e ingenios ha sido un sistema eficiente en el valle del río Cauca por el aumento de producción que se ha obtenido hasta del 40%. En el valle del río Cauca el 2% de los cultivos de caña se riegan por medio de este sistema. El uso de este ha sido acelerado debido a la preocupación por la escasez del recurso hídrico y por las restricciones que impone la autoridad ambiental para el acceso a las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

El riego por goteo se basa en la aplicación de agua en pequeños caudales que se sitúan en la zona radical de la planta. En este sistema el agua debe ser filtrada previamente y mediante este es común que se realice la fertilización en solución. La característica fundamental de este riego es la localización y su alta frecuencia, esto lleva a que se eleve la productividad de los cultivos y se obtengan menos gastos en agua, fertilizantes y mano de obra (Campos A. y Cruz D., 2018, p. 38).

Tabla 1 Componentes de un sistema de riego por goteo

Bomba lapicero	Filtro de anillos
Válvula de control	Conducción
Válvula de alivio de aire	Distribución
Contador	Cabezal de campo
Sistema de control	Múltiple
Filtro de arena	Elevador
Tanques de fertilizantes	Lateral
Inyector de fertilizantes	Tapón de lavado

Campos A. y Cruz D. (2018) Componentes de un sistema de riego por goteo.

Partes básicas del sistema de riego por goteo

Campos A. y Cruz D. (2018), mencionan los siguientes elementos que hacen parte del sistema de riego:

**Sistema de bombeo:** Importante para suministrar el caudal y la presión requerida, aunque en algunos casos es suficiente con solo disponer de una toma elevada sobre las áreas

por regar.

**Sistema de control:** Pueden ser manual o automatizado. El manual es cuando los regadores abren y cierran las válvulas de acuerdo con lo que está programado en cuanto a su tiempo y frecuencia para aplicar. El control automatizado puede hacerse ya sea mediante temporizadores, contadores volumétricos o tensiómetros.

**Sistema de filtrado:** Debido a la obstrucción de las tuberías o goteros por parte de las partículas en el agua se utilizan mallas con un número adecuado de orificios como filtro. También se puede utilizar filtros de anillos, estos se instalan adjunto a los filtros de arena o después de ellos. Estos sirven para retener las partículas en suspensión y así poder inyectar agua limpia en el sistema.

**Filtro de arena:** Este se basa en grava fina y arena en un tanque cilíndrico. La grava filtra la arena fina y la materia orgánica en suspensión en el agua. En los diferentes horizontes de los filtros se retienen las partículas mientras que el agua pasa a través del tanque.

**Hidrociclón:** Separa las partículas mayores al peso del agua, puesto que el agua al entrar genera una rotación. La fuerza centrífuga hace que las partículas sólidas se trasladen hacia la pared del cono en dirección espiral descendente obedeciendo a la fuerza de gravedad.

**Filtro de anillo:** Son discos ranurados que van instalados sobre un soporte central cilíndrico perforado. El agua es filtrada al transitar por conductos que están formados entre la ranura de estos discos.

**Filtro de mallas:** Se usan principalmente para tratar aguas con contaminantes inorgánicos.

**Red de tuberías:** Sirve como transporte del agua desde la fuente hasta los sitios de



aplicación.

**Conducción:** Esta lleva el agua desde la fuente hasta la cabecera del área de riego.

**Distribución:** Trasladan el agua desde la conducción hasta los sectores de riego para poner el agua a las múltiples gracias al cabezal de campo. Su principal elemento es la válvula que permite o suspende el paso del agua.

**Múltiples:** Tuberías de salida múltiple por el cual pasa el agua que procede de distribución por medio del cabezal de campo hasta llevarla a los laterales.

**Laterales:** Tuberías de salida múltiple, posee diámetro pequeño y su caudal y flujo de agua es decreciente de acuerdo a su recorrido. Sirven para aplicar el agua al suelo mediante los emisores o goteros los cuales pueden ser incluidos en él o pueden ser instalados.

Las cintas de riego tienen auge para los cultivos en hileras como lo es la caña de azúcar en consecuencia de su bajo costo y facilidad para instalar. En el riego por goteo sub superficial estas piezas se instalan bajo la superficie.

**Goteros:** El componente más importante del sistema de riego por su funcionalidad en dosificar el caudal y lograr uniformidad en el riego (p. 39-55).

Según Cadahía López (2005), la fertirrigación se ha implementado como forma racional para obtener una optimización en las fertilizaciones y un uso eficiente en el contenido de agua, además es uno de los métodos de riego que contribuyen al aumento de producción y que se relaciona con el respeto del medio ambiente por la producción de manera sostenible. (p. 70). Entre los fertirriegos se encuentra el superficial y el sub superficial.

## **Fertirrigación**

### **Definición**

La fertirrigación es el proceso por el cual se realiza la adición de abonos a través del

agua de riego. Permite el suministro de fertilizantes a las plantas de forma racional, cómoda y económica (Martínez Cortijo, 2014, p. 91).

#### Teorías explicativas de la fertirrigación

La fertirrigación hace parte de un riego localizado que buscaba mejorar el riego tradicional, pero a este se le sacó ventaja logrando proporcionar una dosificación de fertilizantes al mismo tiempo que suministraba el agua, el cual Moya Talens (2009) afirma: “consiste en dar el abono disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente, para que prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante” (p. 409). Dando así dos componentes básicos para el desarrollo de la planta (agua y nutrientes).

Este método ha causado un impacto en la agricultura de forma positiva, por lo cual empresas afines han empezado a implementar en diversos cultivos, principalmente los frutales y en los últimos años fue creciendo de forma exponencial. (López, 2005, p. 75-76) En este momento se encuentran en agroindustrias de la caña de azúcar.

<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Dosificación racional de fertilizantes	Coste inicial de infraestructura
Ahorro considerable de agua	Obturación de goteros
Utilización de agua de riego de baja calidad	Manejo por personal especializado
Nutrición optimizada de cultivo, aumento de rendimiento y calidad	

Control de contaminación	<p>Tabla 2 Impacto potencial del uso de la fertirrigación</p> <p>Cadahía, L. C. (2005). Ventajas e inconvenientes.</p> <p>Este tipo de riego localizado comprende más ventajas que desventajas y los inconvenientes que pueden suponer son totalmente solucionables.</p> <p>Tipos de riego localizado</p>
Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes	
Alternativas de diversos tipos de fertilizantes	
Fabricación de fertilizantes concentrados adaptados al cultivo, suelo o sustrato., agua de riego durante el ciclo del cultivo.	
Automatización de la fertilización	

Los sistemas de riego que se consideran en la fertirrigación son el riego superficial y el subsuperficial.

#### Fertirrigación superficial

##### Definición

“Es un sistema de riego que trabaja con pequeños caudales a baja presión” (Martínez Cortijo, 2014, p. 75). En este las cintas están a ras de suelo o suspendidas y permite la aplicación de fertilizantes.

Tabla 3 Ventajas del sistema de riego por goteo sub superficial sobre el sistema de goteo superficial

como se cita en Campos A. y Cruz D. (2018) Ventajas del riego subterráneo sobre el sub superficial.

## Fertirrigación sub superficial

### Definición

Ventajas	
1.	La evaporación del suelo, la escorrentía superficial y la percolación profunda se reducen o eliminan en gran medida
2.	La infiltración y el almacenamiento de la precipitación estacional pueden ser mejorados por suelos más secos y con menos costras
3.	En cultivos ampliamente espaciados se puede humedecer una fracción más pequeña del volumen del suelo, lo que reducen aún más las pérdidas innecesarias de agua de riego
4.	Es menor el crecimiento de arvenses en el campo del cultivo
5.	La variabilidad en los cambios del agua del suelo y la redistribución se reducen a menudo con el sistema de riego por goteo subterráneo en comparación con el goteo superficial
6.	Las instalaciones pueden tener una vida útil más larga, con la posibilidad de que permite amortizar los costos de la inversión en un plazo mayor
7.	El daño por plagas y animales puede ser menor, pero su detención y reparación pueden requerir más esfuerzo.

Para Gutiérrez, Palestina, Bañuelos, & Pérez (2017), es una de las técnicas de irrigación por conductos soterrados que aplican el agua y el abono en las inmediaciones del sistema radicular.

La fertirrigación sub superficial puede tener un beneficio mayor que la superficial, ya que reduce las pérdidas de agua por evaporación directa, escurrimiento y percolación.

También se puede reducir las del producto por volatilización.

### 1.3 Características

Para Cadahía López (2005), los fertilizantes principalmente deben ser solubles en agua, de esta manera poder evitar la obturación en las tuberías y goteros. En la fertirrigación se puede utilizar fertilizantes sólidos y líquidos. (p. 104-105).

#### Líquidos

Según Cadahía López (2005), son soluciones complejas listas para la utilización, sin necesidad de preparaciones soluciones madre, esta requiere experiencia y medios adecuados. Estos tienen una limitación en el contenido total de nutrientes, que no suele superar el 30%. Los fertilizantes pueden ser simples, binarios, ácidos y neutros. (p. 107).

#### Sólidos

Suelen ser sales puras cristalinas de solubilidad muy elevada. El inconveniente de estos tipos de fertilizantes es la necesidad de una solubilización previa en agua. Debe ser total para asegurar que la concentración sea la que se desea. Dentro de estos se encuentran los simples cristalinos y los complejos. (López, 2005, p. 105-106)

Para la elección del sistema de riego se debe de tener en cuenta el cultivo.

Fertilización y Nutrición en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la variedad CC 01 – 1940)

Las plantas absorben los elementos de las proximidades de las raíces, no obstante, se pueden encontrar 60 elementos en las plantas de los cuales 16 son considerados esenciales, de forma que no se pueden desarrollar cuando falta cualquiera de ellos. De estos el carbono,

oxígeno e hidrógeno no son minerales por lo que provienen del aire y del agua. Los otros 13 elementos se distinguen de la siguiente manera; como macronutrientes primarios están el nitrógeno, fósforo, potasio. Como macronutrientes secundarios están el calcio, magnesio y azufre. Los micronutrientes que son requeridos en menor cantidad se encuentran el boro, zinc, cloro, cobre, hierro, magnesio y molibdeno (como se cita en Telles et al., 2019, p. 154). En el caso de esta variedad se le aplicarían 5 elementos variando las fuentes, esta información es de gran importancia para el ajuste de manejo en la fertilización teniendo en cuenta su método de aplicación, ya sea por fertirriego o edáfica.

#### Nitrógeno (N)

Para CENICAÑA (2018), La caña de azúcar tiene la capacidad de absorber hasta el final de su ciclo el nitrógeno disponible en el suelo o el que se aplica en la fertilización, pero decrece su capacidad de absorción hacia el final del ciclo, por eso no es recomendable la aplicación de productos que proporcionan este elemento en edades avanzadas.

La fase creciente de la tasa de absorción en nitrógeno hasta el quinto mes permite el uso de urea en aplicaciones edáficas sin tener inconvenientes, ya que su extensión permitirá que sean asimilables por su conversión en amonio y nitrato, si el cultivo ya ha pasado el quinto mes es recomendable hacerlo con fuentes que tengan rápida absorción como lo es el nitrato de amonio. En cuanto a la aplicación por goteo (fertirriego) se debe aplicar con fuentes de rápida absorción como las mencionadas antes para que el cultivo pueda absorber el N de manera rápida mediante el evento del riego.

Este elemento es esencial para las células vivas, principalmente para las partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento, su forma de asimilación es  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Además da el color verde a las hojas e influye en el tamaño de las cepas de la caña de azúcar

al ser un constituyente esencial en la molécula de la clorofila (como se cita en CENICAÑA, 1995, p. 155).

El nitrógeno es fundamental considerando que es el nutriente más limitante en la producción de caña de azúcar y su requerimiento depende del suelo, variedad y el número de cortes que presenta la caña. Entre las fuentes de nitrógeno más utilizadas se encuentra la urea (46% de N), el sulfato de amonio (21% de N), el amoníaco anhidro (82% de N) y el fosfato diamónico (18% de N y 20% de P) (CENICAÑA., 1995, p. 155 - 157).

#### Fósforo (P)

La tasa de absorción de fósforo es a los 5 meses alcanzando un valor de 6 kg/ha-mes. El fósforo es un nutriente casi inmóvil dentro del suelo, en plantilla se recomienda aplicar el fertilizante edáfico al fondo del surco, donde queda al alcance de la raíz. El ácido fosfórico es una buena fuente cuando el sistema de riego es por goteo debido a que además de proporcionarle el nutriente a la planta ayuda a mantener limpio el sistema de riego (CENICAÑA, 2018, p. 33-35).

Como se cita en CENICAÑA (1995), se afirma que la forma de asimilación de este elemento es  $H_2PO_4^-$ , este elemento juega un papel importante en la transferencia de energía, además es esencial para la síntesis de la clorofila por lo que no solo es eficiente para el proceso de fotosíntesis sino también está relacionado en la formación de sacarosa. Las fuentes más utilizadas que proporcionan fósforo son el superfosfato triple (20% de P y 14% de Ca), el fosfato diamónico (18% de N y 20% de P) y la roca fosfórica (9,6% de P y 28% de Ca). El fósforo es deficiente en los suelos debido a que el pH limita su disponibilidad y favorece la fijación en él, por esa razón su aplicación se debe realizar en el área próxima de la raíz (p. 158-160).

### Potasio (K)

Según CENICAÑA (2018), el potasio es esencial por su contribución a mejorar el contenido de sacarosa, en el caso del potasio su tasa de absorción máximo se presenta aproximadamente a los 7.5 meses del ciclo del cultivo. La fuente que mayor se emplea en el cultivo de caña de azúcar es la vinaza, aunque no sólo contiene este elemento, sino que también posee elementos menores. Una de las fuentes simples para su fertilización es el KCL, se debe considerar que el anión acompañante de este es el cloro, por tal razón se debe manejar con cuidado (p. 35).

Su forma de asimilación es  $K^+$ , es un elemento móvil que juega un papel importante en la síntesis de aminoácidos y proteínas y por ende en la estructura de la planta. En el cultivo de caña de azúcar, el potasio regula las actividades de la invertasa, amilasa, la peptasa y la catalasa (como se cita en CENICAÑA, 1995, p. 160).

### Zinc (Zn)

Los cambios en el contenido de zinc en las hojas entre los 3 y 6 meses son bajos, este elemento ha incrementado la producción de caña de azúcar en un 19% en varios sectores cuando se aplicó en forma de sulfato de 2.5 y 7.5 kilogramos por hectárea. Las fuentes más comunes de este elemento son los sulfatos, el óxido, el carbonato y los quelatos de zinc. Se debe considerar que el zinc es activador de muchas enzimas y crecimiento celular (CENICAÑA, 1995, p. 172).

### Boro (B)

CENICAÑA (2018), indica que es uno de los nutrimentos casi inmóvil en los tejidos de caña de azúcar, su contenido se queda en las hojas secas y por eso la disminución del boro acumulado al final del ciclo del cultivo. Su tasa de absorción máxima se alcanza entre los 7.5



a 8 meses después de la emergencia (p. 39).

Su forma de asimilación es  $BO_3-3$  y las fuentes más comunes son el bórax, el pentaborato de sodio, los tetraboratos hidratados de sodio y los vidrios de boro finamente molidos (CENICANÑA, 1995, p. 169). El boro proporciona al cultivo la formación de un complejo con los azúcares que ayuda a su transporte por la planta.

Al seleccionar el sistema de riego por goteo con sistema de inyección de fertilizantes una de las cualidades es que se obtienen mejores resultados por la frecuencia al regar, implicando el fraccionamiento de la dosis, cuando la frecuencia es elevada admite una baja concentración de solución madre, la cual debe rondar entre 200 a 400 ppm. En el caso del cultivo de caña de azúcar puede ser diaria, semanal o quincenal; aunque para la aplicación del fertilizante es recomendable ajustarla de acuerdo a la variedad para su fraccionamiento, ya que en diversos estudios se ha demostrado diferentes curvas de absorción. En situaciones generales se suele aplicar entre los 30 y 60 días después de siembra fraccionada en dos o en una sola aplicación (como se cita en Campos A. y Cruz D., 2018, p. 164).

#### Fuentes de nutrientes

Para determinar las fuentes a utilizar con el fin de obtener un mejor rendimiento se toma a consideración el tipo de cultivo, condiciones del suelo, la calidad del agua, la disponibilidad de fertilizantes y su precio (como se cita en Campos A. y Cruz D., 2018, p. 164-168).

Según Campos A. y Cruz D. (2018), estos deben tener buena pureza, de alta calidad, solubilidad y que sean compatibles.

#### Macroelementos

Es esencial para cualquier cultivo y se utiliza de manera edáfica o en fertirriego,

pueden ser fertilizantes simples como la urea, MAP, DAP, KCL o compuestos ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y  $\text{KNO}_3$ ).

#### Microelementos

Se aplica solamente si es necesario y en cantidades pequeñas, por lo general, los suelos arenosos requieren más de este tipo que los arcillosos u orgánicos. Pueden ser: El borax, sulfato de cobre, quelato de cobre, sulfato de hierro, entre otras (p. 164-168).

## **Metodología**

El método que se llevó a cabo es de tipo investigativo ya que la finalidad es producir nuevos conocimientos acerca del sistema de fertirriego precisando sobre este lo que se quiere conseguir gracias al marco teórico que se tomó como base para construir la hipótesis. Para esto se identificó el problema que se viene presentando en la hacienda piedechinche, se recogió la información, se formuló la hipótesis, se constató la información con la hipótesis, se analizaron los datos y se generalizo.

### **Fase revisión bibliográfica**

Se adjuntó información producto de diversas fuentes internas llevadas a cabo por CENICAÑA, Ingenio providencia, revistas y a su vez datos internacionales en relación con las investigaciones realizadas sobre el sistema de fertirriego, fuentes utilizadas y las curvas de absorción y acumulación de la planta acorde con la edad del cultivo.

### **Fase de Campo**

El ensayo se realizo en la hacienda Piedechinche perteneciente a la zona oriente del ingenio providencia esta hacienda cuenta con un sistema de riego por goteo automatizado, está compuesto por lo siguiente: 2 reservorios con una capacidad total  $100.000 m^3$  se alimentan de una acequia llamada internamente rio Cerrito viejo esta llega a un reservorio pequeño llamado desarenador el cual ayuda a disminuir los sedimentos y de ahí pasa a los 2 reservorios, el controlador es el encargado de crear los programas de riego y fertirriego tiene la capacidad de almacenar 1.000 datos y hasta 15 programas de riego, también se puede consultar el historial aplicado en  $m^3$ , otro elemento es el sistema de filtrado este contiene 6 filtros de anillo y es un sistema de baja presión para que no nos afecte la presión en campo, por lo regular requiere 10 psi de presión, la válvula reguladora de presión como su nombre lo indica es la que nos ayuda a

regular la presión que vienen desde los reservorio es controlada automáticamente por el controlador, los tanques de preparación y almacenamiento son los que se utilizan para el fertirriego existen 4 tanques en los cuales se realizan las mezclas y premezclas con un agitador, la caseta cuenta con una antena principal la cual envía datos de forma digital y son recibidas de manera inalámbrica por la RTU que son las antenas en campo y nos ayudan a recibir información para las debidas aperturas en campo. Pero no se utilizan bombas para dar presión ya que está ubicada en la zona de pie de monte y el sistema de riego funciona con la cabeza hidráulica. La cinta que se utilizo fue de calibre 15.000 con goteros auto compensados lo que quiere decir que cuando la presión no era la indicada el gotero garantizaba la lámina adecuada, esta cinta conto con 2 goteros por metro y la lámina que se aplico fue de 1lt/ha

las suertes que se seleccionaron fueron la suerte 52E que cuenta con 3,25 hectáreas la cual tuvo la cinta de goteo enterrada y la suerte 55 que cuenta con 5,51 hectáreas que tuvo de cinta la superficial y ambas contaron con la variedad de caña de azúcar sembrada CC 01-1940 a una edad de 2 meses.

Previamente antes de empezar con los ensayos se realizó un respectivo aforo para conocer el estado en el que se encontraban las presiones y que la lamina aplicada fuera la adecuada y se aplicara de manera uniforme.

1. Para identificar la tendencia de las diferentes fuentes nitrogenadas en el sistema de fertirriego según el comportamiento fisiológico de la planta lo primero fue establecer los requerimientos de acuerdo a los análisis de suelo de las dos suertes. Posteriormente se establecieron cuales fueron los productos que sse iban a utilizar y así mismo como se iban a organizar los tratamientos en campo, después de tener los tratamientos planteados se realizo el cronograma de aplicación en el cual quedaron

establecidas las fechas en que se iban a realizar cada uno de los eventos y la toma de muestras durante el periodo de los dos a los ocho meses en donde el periodo trasado de los dos a los cuatro meses se aplico el nitrógeno, fosforo y zinc y el periodo de los seis a los ocho meses se aplico el boro y el potasio

Los puntos a muestrear donde se llevaron a cabo los tratamientos fueron georeferenciados. Los puntos de control fueron de a un surco por cada tratamiento que se seleccionaron al azar y se mantuvieron fijos en todo el ciclo de muestreo. Las muestra se tomo a través de submuestras que fueron de a 15 hojas seleccionadas al azar en cada surco mensualmente y de esa manera se formo la muestra completa. Se tomaron 6 muestras con un lapso de un mes cada una.

Posteriormente fue llevado al laboratorio donde entregaban los análisis cada 15 días hábiles. Luego de que se obtuvieron los datos se registraron en tabla los datos a través de Excel y de esa manera conocer la diferencia por medio de un análisis de varianza en el paquete estadístico SAS de los productos en cada una de las modalidades de la cinta.

2. Para analizar los diferentes parámetros económicos asociados al efecto del sistema de riego superficial y subsuperfical en el cultivo de caña de azucar. (*Saccharum officinarum*) se utilizo la herramienta SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) que es un sistema informativo que permite a las empresas administrar sus recursos humanos, financieros, productivos y logísticos y fue el aplicativo donde se imputo todo los costos de producción de las suertes. Posteriormente se tomaron los datos sobre los costos de instalación, desinstalación y reparación en la cinta superficial y en la cinta subsuperficial de ambas suertes, con el objetivo de conocer cual de las dos

metodologías presento un ahorro durante el proceso productivo de las suertes. Los datos arrojados por este aplicativo se exportaron a la herramienta de Excel para compararlos cuantitativamente e identificar cual de las dos modalidades resulto más rentable.

3. Para comparar la respuesta del cultivo a través del sistema de fertirriego en cinta superficial y cinta subsuperficial primeramente se tomaron datos de una aplicación llamada Siagri la cual es un sistema de información centralizado que tiene como objetivo gestionar, supervisar y controlar de manera rápida y transparente todos los procesos. Esta aplicación se utilizo para identificar el promedio en tiempo de inicio de riego , al igual que la cantidad de riegos realizados, la parte económica en los aspectos de costos de mano de obra y reparaciones. Para la parte de accesorios se tomo la informacion de la aplicación Sap con estas dos aplicaciones se tomo la informacion necesaria para realizar el comparativo de los costos y asi determinar cual de los métodos presento mayor ahorro. Despues de tener los resultados de los análisis en las graficas se determino cual de los dos sistemas presenta mayor tasa de absorción y translocación de nutrientes para ello se tomaron los datos de los análisis foliares y se ingresaron a la aplicación SAS con el fin de conocer estadísticamente cuales son las diferencias entre la cinta superficial y subsuperficial. Tambien se tomaron datos sobre la cantidad de reparaciones y el estado de la cinta despues de los cortes realizados para determinar la duración de la cinta en ambas modalidades.

El diseño de las evaluaciones tuvieron dos factores:

<b>EVALUACIONES</b>			
N1	Nitrax (N) y otros elementos (P, K, B, Zn)	<b>TABLA DE ESTRUCTURA DE LOS TRATAMIENTOS</b>	
N2	Urea (N) y otros elementos (P, K, B, Zn)		
Cs	Cinta Subsuperficial o cinta enterrada		
CS	Cinta superficial		
Combinación de los tratamientos		<b>Fertirriego</b>	
		<b>Cs</b>	<b>CS</b>
<b>Fuentes</b>	<b>N1</b>	N1Cs	N1CS
	<b>N2</b>	N2Cs	N2CS
Suerte		52 E	55

*Ilustración 1 Diseño experimental del ensayo de fertirriegos en el cultivo de caña de azúcar*

Consiste en evaluar la tendencia de los dos sistemas de fertirriego, las fuentes nitrogenadas y los demás elementos a través de análisis foliar para observar la tendencia en curvas de absorción y la acumulación de elementos dentro de la planta.

Determinar el sistema de fertirriego adecuado para el cultivo de caña en la variedad 01-1940 es de gran importancia para lograr disminuir las pérdidas de fertilizantes, lograr una mayor uniformidad de aplicación y mejorar la distribución de los nutrientes en la zona de la raíz. Por otra parte seleccionar una fuente adecuada para la fertilización proporciona una alta y completa solubilidad en agua. Lo antes mencionado como resultado favorecería el crecimiento de las plantas y por ende la productividad del cultivo.

Local experimental: Suelo mollisol en la hacienda piedechinche.

Población: Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Muestra: Hojas de la caña de azúcar variedad 01-1940 mesualmente.

Variable independiente: Los sistemas de fertirriego y las fuentes

Unidad experimental: Caña de azúcar variedad 01-1940 cada 15 días

Unidad de observación: Variables cuantitativas continuas: toneladas de caña por hectárea (TCH) y % de nutrientes acumulados en la planta.

Tratamiento: Consta de 4 tratamientos: Cinta subsuperficial con nitrox y otros elementos, cinta subsuperficial con urea y otros elementos, cinta superficial con nitrox y otros elementos, cinta superficial con urea y otros elementos.

Evaluaciones: se presentaron en un diseño no balanceado ya que posee diferentes hectáreas y consto de dos factores al tener las fuentes como factor A y las cintas a utilizar como factor B, además de que gracias a esto se puede realizar todas las combinaciones posibles entre los distintos niveles de factor involucrado en el experimento.

Se quiere evaluar el efecto de 2 dos fuentes de nitrógeno y otros elementos con la misma fuente (N1, N2) sobre 2 tipos de cintas posibles subsuperficial y superficial (Cs, CS)

El experimento se realizó con los siguientes requerimientos de acuerdo a sugerencias que el ingeniero agrónomo dio para las dos suertes:

Tabla 4 Requerimientos nutricionales en el cultivo de caña de azúcar de la suerte 52E

<b>Hacienda Piedechinche suerte 52E</b>				
<b>Requerimientos (unidades)</b>				
<b>Nitrógeno</b>	<b>Fosforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Boro</b>	<b>Zinc</b>
180	60	80	2	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Requerimientos nutricionales en el cultivo de caña de azúcar de la suerte 55

<b>Hacienda Piedechinche suerte 55</b>				
<b>Requerimientos (unidades)</b>				
<b>Nitrógeno</b>	<b>Fosforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Boro</b>	<b>Zinc</b>
180	60	80	2	4

Fuente: Elaboración propia



**Tratamiento n°1:** Este tratamiento se realizo en la suerte 52E que posee un suelo mollisol y cuenta con un área de 3,25 hectareas, este modulo contaba con la sub superficial y se trabajo con productos líquidos donde en un rango de edad de 2 a 5 meses se le aplico el nitrógeno (nitrax), fosforo (ácido fosfórico) y zinc (quelato de zinc) y en un rango de edad de 6 a 8 meses se le aplico potasio (kcl) y boro (quelato de boro).

Tabla 6 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 1 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.

Elementos	Producto	Estado
Nitrógeno	Nitrax	Liquido
Fosforo	Ácido fosfórico	Liquido
Zinc	Quelato de zinc	Liquido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

2 a 5 meses de edad									
Nitrogeno									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total /evento	Unidades nitrogeno (KgN)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluN)	
61	44	18,57	2,42	22,5	54,45	23	2,4	272,25	
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Nitrogeo (LtN)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
62	45	23,16	2	22,5	45,00	22%	82,5	165,00	495,00
Fosforo									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Fosforo (LtP)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
61	44	18,57	2,42	7,5	18,15	52%	9	21,78	65,34
62	45	23,16	2		15,00			18,00	54,00
Zinc									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Zinc (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
61	44	18,57	2,42	0,5	1,21	100	3,7	9,0	26,86
62	45	23,16	2		1,00			7,40	22,20

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el boro y el potasio se aplicaron de la siguiente manera:

Tabla 8 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 1 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración.

Elementos	Producto	Estado
Boro	Boro microfertiliza	Líquido
Potasio	Cloruro de potasio	Granulado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

6 a 8 meses									
Boro									
Producto líquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Boro (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
61	44	18,57	2,42	0,25	0,605	145	1,2	2,90	14,52
62	45	23,16	2		0,50			2,40	12,00
Potasio									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Potasio (KgK)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluK)	
61	44	18,57	2,42	10	24,20	30	0,8	121,00	
62	45	23,16	2		20,00		0,7	100,00	

Fuente: Elaboración propia

**Tratamiento 2:** Este tratamiento se realizó en la suerte 52E que posee un suelo molisol y cuenta con un área de 3,25 hectáreas, tiene la cina sub superficial y se trabajó con productos sólidos en un rango de edad de 2 a 5 meses se le aplicó el nitrógeno (urea), fósforo (ácido fosfórico) y zinc (quelato de zinc) y en un rango de edad de 6 a 8 meses se le aplicó potasio (KCl) y boro (quelato de boro).

Tabla 10 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 2 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.

Elementos	Producto	Estado
Nitrógeno	Urea	Granulado
Fosforo	Ácido fosfórico	Líquido
Zinc	Quelato de zinc	Líquido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

2 a 5 meses									
Nitrogeno									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades nitrogeno (KgN)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluN)	
47	6	22,09	1,84	22,5	41,40	23	1,8	207	
48	7	22,25	1,84		41,40		1,8	207,00	
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Nitrogeno (LtN)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
71	60	24,83	2,06	22,5	46,35	22%	82,5	169,95	849,75
Fosforo									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Fosforo (LtP)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	7,5	13,80	52%	9	16,56	49,68
48	7	22,25	1,84		13,80			16,56	49,68
71	60	24,83	2,06		15,45			18,54	92,7
Zinc									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Zinc (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	0,5	0,92	100	3,7	6,8	20,4
48	7	22,25	1,84		0,92			6,8	20,4
71	60	24,83	2,06		1,03			7,62	38,11

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el boro y el potasio se aplicaron de la siguiente manera:

Tabla 12 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 2 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración.

Elementos	Producto	Estado
Boro	Boro microfertiliza	Líquido
Potasio	Cloruro de potasio	Granulado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

6 a 8 meses									
Boro									
Producto líquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Boro (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	0,25	0,605	145	1,2	2,21	11,04
48	7	22,25	1,84		0,50			2,21	11,04
71	60	24,83	2,06		0,52			2,47	12,36
Potasio									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Potasio (KgK)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluK)	
47	6	22,09	1,84	10	18,40	30	0,6	92,00	
48	7	22,25	1,84		18,40		0,6	92,00	
71	60	24,83	2,06		21		0,7	103,00	

Fuente: Elaboración propia

**Tratamiento 3:** Este tratamiento se realizó en la suerte 55 que posee un suelo mollisol que cuenta con un área de 5,51 hectáreas, que tiene la cinta superficial y se trabajó con productos líquidos donde en un rango de edad de 2 a 5 meses se le aplicó el nitrógeno (nitrox), fósforo (ácido fosfórico) y zinc (quelato de zinc) y en un rango de edad de 6 a 8 meses se le aplicó potasio (KCl) y boro (quelato de boro).

Tabla 14 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 3 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.

Elementos	Producto	Estado
Nitrógeno	Nitrax	Liquido
Fosforo	Ácido fosfórico	Liquido
Zinc	Quelato de zinc	Liquido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

2 a 5 meses									
Nitrogeno									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades nitrogeno (KgN)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/solUN)	
47	6	22,09	1,84	22,5	41,40	23	1,8	207	
48	7	22,25	1,84		41,40		1,8	207,00	
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Nitrogeo (LtN)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/solUN)
71	60	24,83	2,06	22,5	46,35	22%	82,5	169,95	849,75
Fosforo									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Fosforo (LtP)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/solUN)
47	6	22,09	1,84	7,5	13,80	52%	9	16,56	49,68
48	7	22,25	1,84		13,80			16,56	49,68
71	60	24,83	2,06		15,45			18,54	92,7
Zinc									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Zinc (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/solUN)
47	6	22,09	1,84	0,5	0,92	100	3,7	6,8	20,4
48	7	22,25	1,84		0,92			6,8	20,4
71	60	24,83	2,06		1,03			7,62	38,11

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el boro y el potasio se aplicaron de la siguiente manera:

Tabla 16 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 3 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración.

Elementos	Producto	Estado
Boro	Boro microfertiliza	Líquido
Potasio	Cloruro de potasio	Granulado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Productos que se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

6 a 8 meses									
Boro									
Producto líquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Boro (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	0,25	0,605	145	1,2	2,21	11,04
48	7	22,25	1,84		0,50			2,21	11,04
71	60	24,83	2,06		0,52			2,47	12,36
Potasio									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Potasio (KgK)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluK)	
47	6	22,09	1,84	10	18,40	30	0,6	92,00	
48	7	22,25	1,84		18,40		0,6	92,00	
71	60	24,83	2,06		21		0,7	103,00	

Fuente: Elaboración propia

**Tratamiento 4:** este tratamiento se realizó en la suerte 55 que posee un suelo mollisol, su área es de 5,51 hectáreas, tiene la cina superficial y se trabajó con productos sólidos donde en un rango de edad de 2 a 5 meses se le aplicó el nitrógeno (urea), fósforo (ácido fosfórico) y zinc (quelato de zinc) y en un rango de edad de 6 a 8 meses se le aplicó potasio (kcl) y boro (quelato de boro).

Tabla 18 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 4 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de germinación a macollamiento.

Elementos	Producto	Estado
Nitrógeno	Urea	Granulado
Fosforo	Ácido fosfórico	Líquido
Zinc	Quelato de zinc	Líquido

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Productos que se aplicaron entre los 60 y los 120 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

2 a 5 meses									
Nitrogeno									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades nitrogeno (KgN)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluN)	
47	6	22,09	1,84	22,5	41,40	23	1,8	207	
48	7	22,25	1,84		41,40		1,8	207,00	
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Nitrogeo (LtN)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
71	60	24,83	2,06	22,5	46,35	22%	82,5	169,95	849,75
Fosforo									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Fosforo (LtP)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	7,5	13,80	52%	9	16,56	49,68
48	7	22,25	1,84		13,80			16,56	49,68
71	60	24,83	2,06		15,45			18,54	92,7
Zinc									
Producto liquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Zinc (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	0,5	0,92	100	3,7	6,8	20,4
48	7	22,25	1,84		0,92			6,8	20,4
71	60	24,83	2,06		1,03			7,62	38,11

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el boro y el potasio se aplicaron de la siguiente manera:

Tabla 20 Nutrientes y fuentes a aplicar en el tratamiento 4 en el cultivo de caña de azúcar en la fase de crecimiento a maduración.

Elementos	Producto	Estado
Boro	Boro microfertiliza	Líquido
Potasio	Cloruro de potasio	Granulado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Productos se aplicaron entre los 120 y los 240 días de edad del cultivo con la siguiente dosificación cada 15 días

6 a 8 meses									
Boro									
Producto líquido									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Boro (g/l)	litros/ha	Cantidad litros	Disolucion (Lt/soluN)
47	6	22,09	1,84	0,25	0,605	145	1,2	2,21	11,04
48	7	22,25	1,84		0,50			2,21	11,04
71	60	24,83	2,06		0,52			2,47	12,36
Potasio									
Producto granulado									
Valvula campo	Valvula controlador	Caudal	Area	Dosis/evento	Dosis total/evento	Unidades Potasio (KgK)	Cantidad bultos	Disolucion (Lt/soluK)	
47	6	22,09	1,84	10	18,40	30	0,6	92,00	
48	7	22,25	1,84		18,40		0,6	92,00	
71	60	24,83	2,06		21		0,7	103,00	

Fuente: Elaboración propia

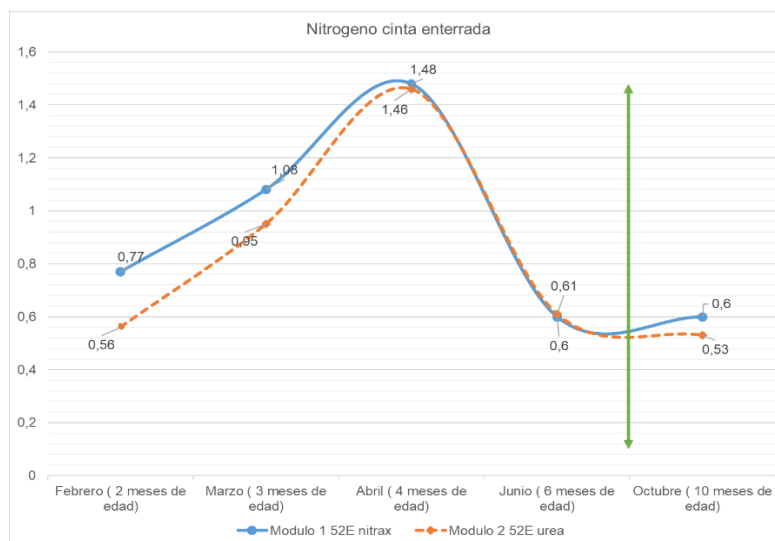
Cada suerte se dividió en dos para fertilizar una parte con urea y la otra con nitrox, al igual a cada parte se le aplicó ácido fosfórico, quelato de zinc, boro y cloruro de potasio en las dosificaciones explicadas anteriormente.

Por último se tomaron todos los datos de la suerte, los riegos, las labores realizadas, costos, resultados de producción con el fin de identificar y calcular cuál de los sistemas de fertirriego evaluado es el más eficiente y que impactos tiene en los costos a la hora de llegar a producción.



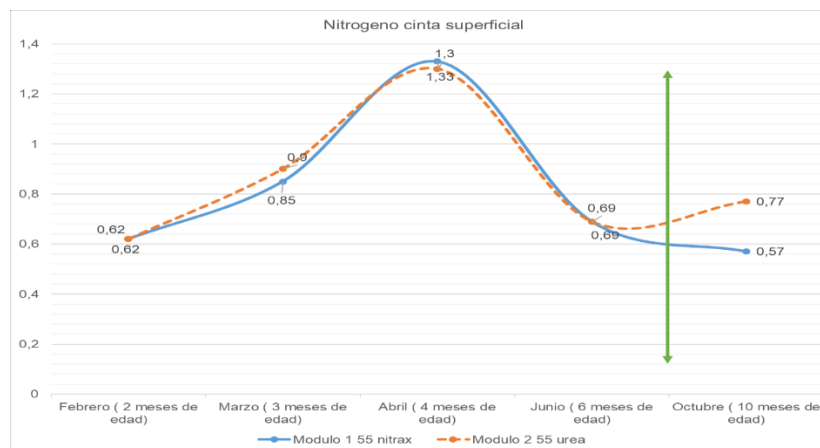
## Resultados y analisis

Diferencias entre los resultado de las fuentes nitrogenadas utilizadas en sistema subsuperficial y superficial en la variedad 01-1940 de caña de azúcar



*Ilustración 2 Nitrogeno acumulado con diferentes fuentes en el fertirriego subsuperficial*

En esta grafica se realizo una comparación entre dos fuentes nitrogenadas la cual fue Urea y Nitrox para ver como fue su comportamiento en la cinta enterrada se puede observar que entre el segundo y tercer mes el nitrox tuvo una mejor tasa de absorción acumulada esto se debe a que el nitrox es un producto liquido y al estar en cinta enterrada la cual va a una profundidad de 25cm fue aplicado directamente a la raíz de la planta siendo mejor aprovechada y disminuyendo la volatilización del producto.

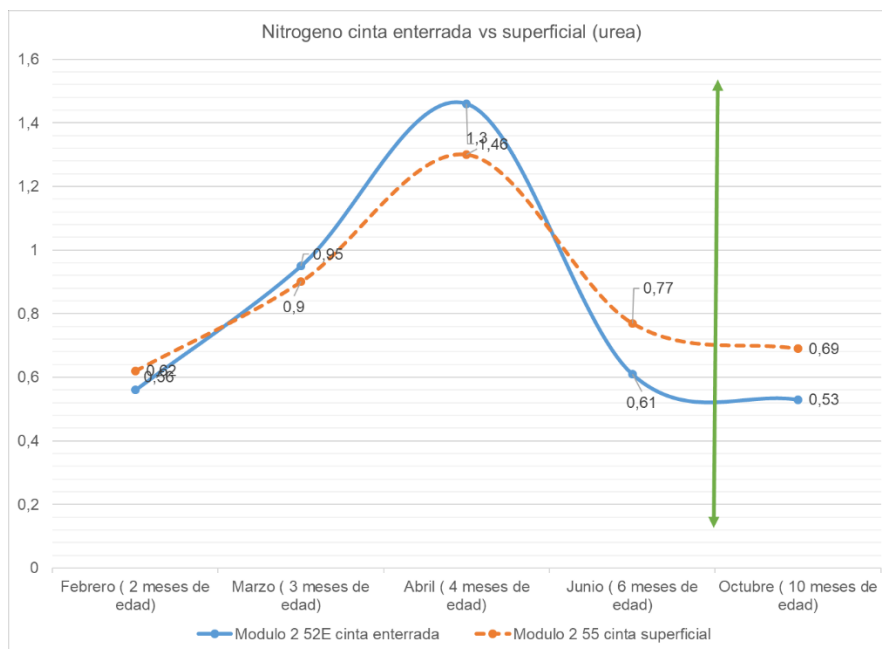


*Ilustración 3 Nitrogeno acumulado con diferentes fuentes en el fertirriego superficial*

En esta grafica se realiza la comparación de dos fuentes nitrogenadas para este caso se utilizo la urea y el nitrox con el fin de evaluar el comportamiento en la cinta superficial, su periodo de aplicación fue entre los 2 y 4 meses y podemos observar que no hay ninguna diferencia entre las dos modalidades de cinta ensayadas por lo cual ambas fuentes presentan un comportamiento muy similar.

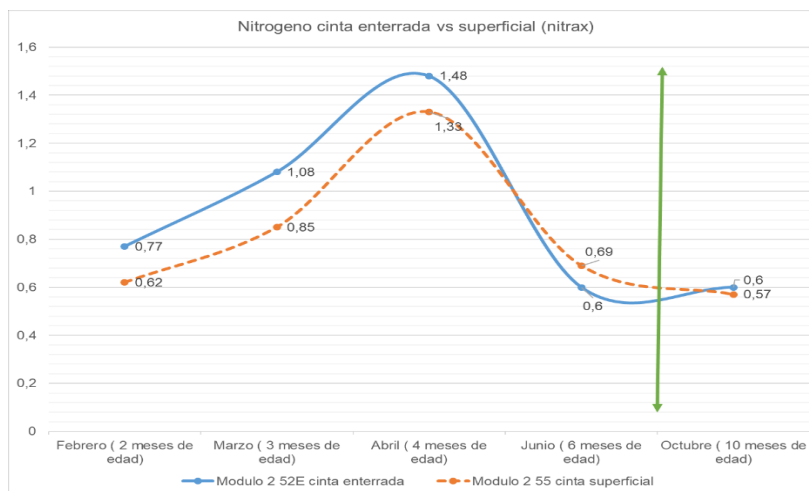
### **Porcentaje acumulado de nutrientes en el cultivo de caña de azúcar variedad 01-1940 según el sistema de fertirriego subsuperficial y superficial**

El nitrógeno se aplico entre los 2 a 4 meses, en estado vegetativo de germinación a macollamiento, debido a que Según CENICAÑA (1995), se encuentra en las partes jóvenes de la planta ayudando en el crecimiento y desarrollo de ellas, ayuda a producir hojas y a mantener el color verde de la planta al ser un constituyente esencial en la molecula de clorofila, además de que estimula el macollamiento.



*Ilustración 4 Nitrogeno acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de urea*

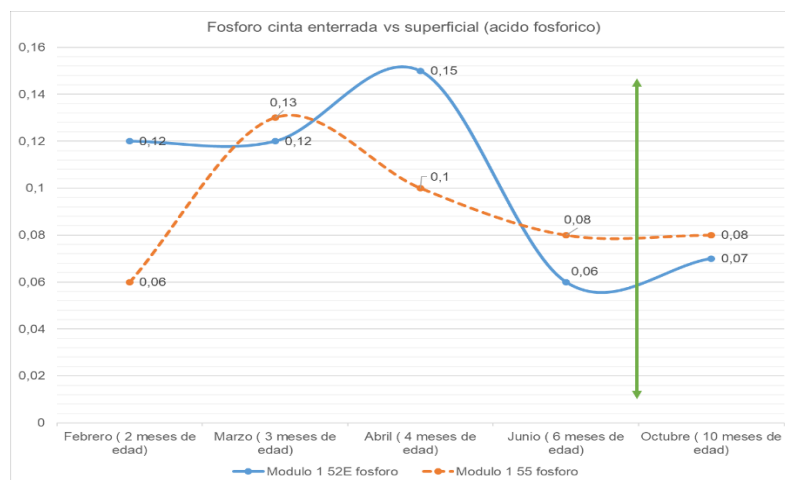
De acuerdo con los resultados en esta grafica se analizo el fertilizante nitrogenado el cual fue la urea haciendo una comparación del comportamiento en la cinta enterrada y en la cinta superficial, se puede apreciar que en esta grafica las diferencias se observan principalmente entre el tercer y cuarto mes ya que la modalidad de cinta enterrada llega al pico mas alto, pero en el resto de datos no se observan diferencias significativas.



*Ilustración 5 Nitrogeno acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de nitrax*

En esta grafica se evaluo la fuente nitrogenada con el fertilizante Nitrax realizando una comparación en el comportamiento en la cinta superficial y la cinta enterrada, se puede apreciar que en los primeros meses de fertilización la tasa de absorción acumulada fue superior en la cinta enterrada cabe resaltar que se aplico entre los 2 a 4 meses.

El fosforo se aplico entre los 2 a 4 meses, en estado vegetativo de germinación a macollamiento, ya que como lo indica CENICANA (1995), el fósforo ayuda a que la planta presente un desarrollo abundante de las raíces al igual que ayuda también a la transferencia de energía debido a la molecula atp que es el generador de la síntesis de sacarosa fosfolípidos y celulosa.

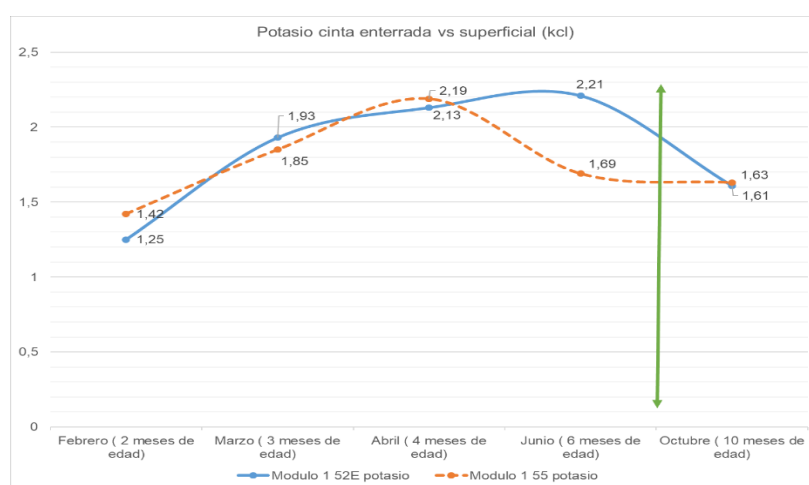


*Ilustración 6 Fósforo acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de acido fosforico*

En esta grafica se utilizo la fuente del fosforo el cual se aplico con el fertilizante acido fosforico con el fin de conocer la comparación y comportamiento del fosforo en cinta superficial y en cinta enterrada podemos observar que el fosforo en la cinta enterrada tuvo un buen inicio en el tercer mes la cinta superficial supero por poco la cinta enterrada y en el cuarto mes la cita

enterrada tuvo el pico mas alto en la tasa de absorción acumulada y entre el sexto al decimo mes la cinta superficial supero nuevamente la cinta enterrada.

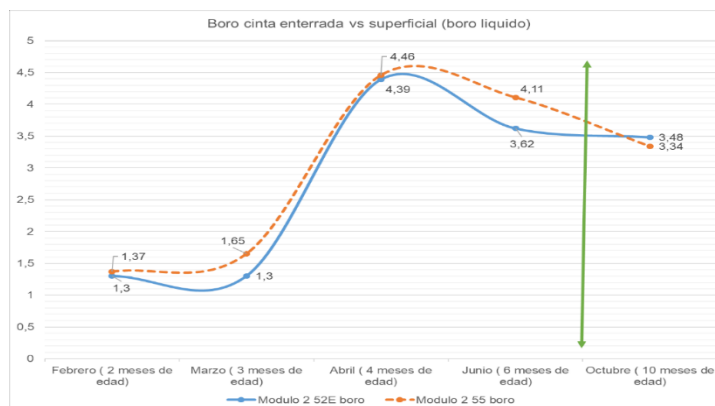
Se aplico el potasio entre los 6 a 8 meses, en el estado vegetativo de la planta entre crecimiento y maduración, porque como lo sugiere Ministerio de agricultura y desarrollo rural (2002), el potasio es el encargado de desarrollar tallos fuertes, mantener el rápido crecimiento, ayudar en la concentración de azucares.



*Ilustración 7 Potasio acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de kcl*

En esta grafica se utilizo la fuente del potasio con el producto granulado Cloruro de potasio con el fin de evaluar el comportamiento de este nutriente en la cinta superficial y en la cinta enterrada se puede observar que el comportamiento entre los dos y cuatro meses es similar y no tiene diferencia significativa entre el sexto y octavo mes la cinta enterrada tiene su pico mas alto y supera la cinta superficial, dejando como resultado que la absorcion en cinta enterrada fue mejor.

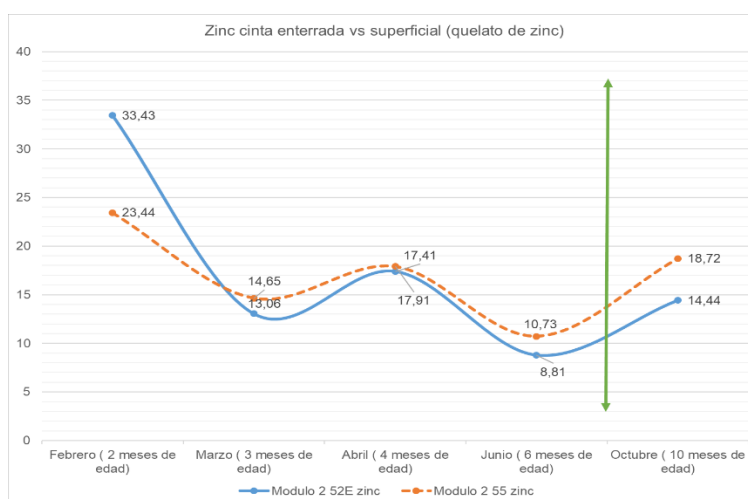
El boro se aplico entre los 6 a 8 meses, en el estado vegetativo de la planta entre crecimiento y maduración. ya que como se expresan (Margulis L. y Sagan D., (s.f), el boro forma un complejo con los azucares llegando a actuar sobre la translocación de azucares.



*Ilustración 8 Boro acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de boro liquido*

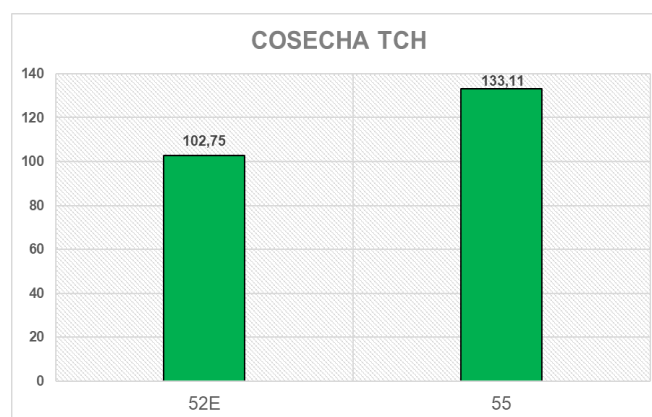
En esta grafica se utilizo la fuente del Boro con el producto liquido Quelato de boro cuyo fin es evaluar el comportamiento de este producto en la cinta superficial y en la cinta enterrada, se puede observar que el boro tuvo una mejor tasa de absorción en la cinta superficial aunque las diferencias no son muy significativas.

El zinc se aplico entre los 2 a 4 meses, en el estado vegetativo de germinación a macollamiento, ya que como dicen (Margulis L. y Sagan D., (s.f), el zinc es el activador de muchas enzimas. Como las auxinas que ayudan al crecimiento celular.

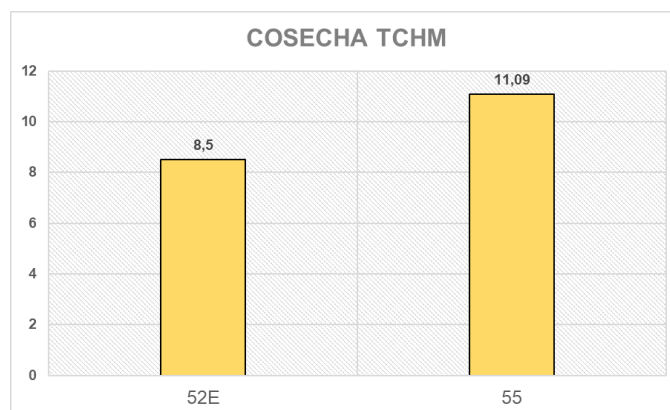


*Ilustración 9 Zinc acumulado en las dos modalidades de cintas con la fuente de quelato de zinc*

En esta grafica se utilizo la fuente del zinc con el producto Quelato de zinc tiene como objetivo conocer el comportamiento del zinc en la cinta superficial y en la cinta enterrada, se puede observar que la cinta enterrada tiene un buen inicio pero entre los tres a los diez meses la cinta superficial tiene una mejor tasa de absorción acumulada aunque no es una diferencia muy significativa.



*Ilustración 10 Toneladas de caña por hectarea cosechadas en cada una de las suertes (52E sistema subsuperficial y 55 sistema superficial).*



*Ilustración 11 Toneladas de caña por hectarea mes en cada una de las suertes (52E sistema subsuperficial y 55 sistema superficial).*

**Impacto de los costos de producción entre un sistema subsuperficial y superficial en  
el cultivo de caña de azúcar, variedad 01-1940.**

Tabla 22 Costos de instalación y reparación del sistema de fertirriego sub superficial en la caña de azúcar

Hacienda	Suerte	Variedad	Area	Zona agroecologica	Posición geografica
Piedechinche	52E	CC01-1940	3,25	22H2	Mollisol

**Costos cinta sub-superficial**

<b>Mano de obra y maquinaria</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor jornal/hora	Gasto de jornales/ha	Gasto total
Instale de cinta para riego	Jor/ha	2	\$ 32.500,00	\$ 65.000,00	\$ 211.250,00
Horas tractor e implemento	H	5	\$ 36.102,00	\$ 180.510,00	\$ 586.657,50
				<b>\$ 245.510,00</b>	<b>\$ 797.907,50</b>

<b>Accesorios</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor	Gasto/ha	Gasto total
Rollo de cinta	Pieza	5	\$ 1.200.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 19.500.000,00
Uniones	Pieza	60	\$ 400,00	\$ 24.000,00	\$ 78.000,00
Conectores	Pieza	60	\$ 350,00	\$ 21.000,00	\$ 68.250,00
Fin de linea	Pieza	60	\$ 280,00	\$ 16.800,00	\$ 54.600,00
				<b>\$ 6.061.800,00</b>	<b>\$ 19.700.850,00</b>

<b>Costos de reparación despues de cosecha</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor	Gasto/ha	Gasto total
Conectores	Pieza	6	\$ 350,00	\$ 2.100,00	\$ 6.825,00
Jornales para reparaciones	Jor/ha	2	\$ 32.500,00	\$ 65.000,00	\$ 211.250,00
				<b>\$ 67.100,00</b>	<b>\$ 218.075,00</b>

**Nota:** la cinta sub-superficial tiene un maximo de utilidad de 7 cortes, en esos 7 cortes solo se van a requerir de uniones y jornales eventuales para reparaciones.

<b>Costo total de instale y reparaciones</b>	<b>\$ 6.374.410,00</b>
--	------------------------



Tabla 23 Costos de instalación y reparación del sistema de fertirriego superficial en la caña de azúcar

Hacienda	Suerte	Variedad	Area	Zona agroecologica	Posición geografica
Piedechinche	55	CC01-1940	5,51	22H2	Mollisol

**Costos cinta superficial**

<b>Mano de obra y maquinaria</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor jornal/hora	Gasto de jornales/ha	Gasto total
Instale de cinta para riego	Jor/ha	5	\$ 32.500,00	\$ 162.500,00	\$ 895.375,00
Desistale de cinta para cosecha	Jor/ha	13	\$ 32.500,00	\$ 422.500,00	\$ 2.327.975,00
Recojida de cinta de campo	Jor/ha	0,2	\$ 32.500,00	\$ 6.500,00	\$ 35.815,00
Recojida de cinta de campo	H	1	\$ 36.102,00	\$ 36.102,00	\$ 198.922,02
				<b>\$ 627.602,00</b>	<b>\$ 3.458.087,02</b>

<b>Accesorios</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor	Gasto/ha	Gasto total
Rollo de cinta	Pieza	5	\$ 1.200.000,00	\$ 6.000.000,00	\$ 33.060.000,00
Uniones	Pieza	60	\$ 400,00	\$ 24.000,00	\$ 132.240,00
Conectores	Pieza	60	\$ 350,00	\$ 21.000,00	\$ 115.710,00
Fin de linea	Pieza	60	\$ 280,00	\$ 16.800,00	\$ 92.568,00
				<b>\$ 6.061.800,00</b>	<b>\$ 33.400.518,00</b>

<b>Costos de reparación despues de cosecha</b>					
Descripción	Um	Cantidad	Valor	Gasto/ha	Gasto total
Uniones	Pieza	30	\$ 400,00	\$ 12.000,00	\$ 66.120,00
Conectores	Pieza	20	\$ 350,00	\$ 7.000,00	\$ 38.570,00
Fin de linea	Pieza	15	\$ 280,00	\$ 4.200,00	\$ 23.142,00
Jornales para reparaciones	Jor/ha	4	\$ 32.500,00	\$ 130.000,00	\$ 716.300,00
				<b>\$ 153.200,00</b>	<b>\$ 844.132,00</b>

<b>Costo de reparación a 3 años</b>	<b>\$ 459.600,00</b>
-------------------------------------	----------------------

**Nota:** la cinta superficial tiene un maximo de utilidad de 3 cortes, en esos 3 cortes siempre se va a requerir de uniones, conectores fin de linea ya que hay una perdida del 30% en el momento del desistale y de jornales para realizar las reparaciones, esto hace que los costos de los accesorios de incrementen por cada corte.

<b>Costo total de instale saque y reparaciones</b>	<b>\$ 6.842.602,00</b>
--	------------------------

Tabla 24. Costos de instalación y reparación del sistema de fertirriego en las dos modalidades en el cultivo de caña de azúcar

Descripción	Gasto total	Ahorro por hectarea	Ahorro por hectarea en 5 años
Cinta superficial	\$ 6.842.602,00	\$ 468.192,00	\$ 2.340.960,00
Cinta sub-superficial	\$ 6.374.410,00		



*Ilustración 12 Costos de producción del sistema de fertirriego en las dos modalidades en el cultivo de caña de azúcar*

**Nota:** el ahorro se hace en comparativo con la cinta superficial, el ahorro por hectarea es el ahorro que se tiene con la cinta sub-superficial.

Para el objetivo de comparar la respuesta del cultivo a través de fertirriego superficial y subsuperficial en el cultivo de caña de azúcar.

Lo que se realizó fue tener en cuenta cada uno de los aspectos que se evaluaron en la suertes en que se realizaron los ensayos, se analizó la tendencia en la entrega de los nutrientes del sistema del fertirriego en la suerte 52E la cual cuenta con cinta subsuperficial y la suerte 55 que

cuenta con la cinta superficial, desde el segundo mes, se iniciaron a ver ventajas de la cinta subsuperficial sobre la cinta superficial, ya que la suerte 52E inicio su ciclo de riegos desde esta edad mientras que la suerte 55 lo inicio casi desde los 3 meses y medio debido a que no contaba con la cinta y el pedido estaba algo tardío, cuando estas suertes llegaron a cosecha se evidencio que la suerte 52E presento aproximadamente 45 eventos de riego es decir 10 riegos, mientras que la suerte 55 evidencio 36 eventos es decir 8 riegos, cabe resaltar que en este sistema 4,5 eventos equivalen a 1 riego. Por otro lado en el impacto economico se encontró que en la cinta subsuperficial tiene un ahorro del 56% frente a la cinta superficial esto es debido a que la cinta superficial tiene menor duración y que se le deben hacer mas reparaciones a comparación de la cinta subsuperficial y se pudo determinar que el ahorro se encuentra principalmente en la mano de obra, en cuanto a la parte de los nutrientes en la graficas anteriormente citadas se evidencio que el comportamiento de los productos para este tipo de suelo y en esta variedad tiende a ser mejor en la cinta subsuperficial aunque no por diferencias muy significativas, en el caso de las fuentes nitrogenadas que se utilizaron en los ensayos de comparación entre la urea y el nitrox se evidencio un comportamiento muy parejos en las graficas de tasa de absorción, la diferencias se vinieron a encontrar en la parte en que se comparo el nitrox en cinta subsuperficial vs superficial, y urea en cinta subsuperficial vs superficial para este caso si se pudo evidenciar que el comportamiento en la cinta enterrada fue mucho mejor en ambas fuentes nitrogenadas, para el caso del fosforo se evidencio que tuvo un inicio muy bueno en el segundo y tercer mes en el porcentaje de absorción en cinta superficial pero fue decayendo con el pasar de los meses a diferencia de la cinta subsuperficial en la que inicio muy alto debido lo que puede representar que el porcentaje de fosforo para la suerte 52E es muy alto y que la planta absorbio fosforo hasta el cuarto mes donde finalizo la aplicación del producto luego de ello inicio a decaer su absorción,

para el caso del Potasio este se aplico entre los 6 y 8 meses y su comportamiento fue mejor en la cinta subsuperficial, para el caso del boro este producto se aplico entre los 6 y 8 meses y tuvo mejor comportamiento de absorción en la cinta superficial, para el comportamiento del zinc inicio con un declive en la grafica entre el segundo y tercer mes y entre el tercero y cuarto se evidencio un mejor comportamiento en la cinta superficial aunque no muy significativo, con esto podemos concluir que la cinta subsuperficial tuvo un mejor comportamiento en la mayoría de los productos debido a que esta va a una profundidad de 25 cm y el producto es aplicado directamente a la raíz teniendo mejor absorción. Por ultimo se realizo la evaluación de durabilidad de la cinta en la cual se evidencia que la cinta subsuperficial tiene un duración aproximada de 5 años mientras que la cinta superficial su periodo de duración esta entre los 2 y 3 años.

Resumiendo el análisis realizado del fertirriego de la cinta subsuperficial y cinta superficial se puede concluir que la cinta subsuperficial es mejor en todos los aspectos evaluados teniendo impactos positivos en los riegos, en la durabilidad, en el comportamiento de la tasa de absorción de los nutrientes, y en un tema muy importante como es el ahorro de los costos.

## Conclusiones

Se observa en la gráfica que entre las fuentes nitrogenadas utilizadas (nitrox y urea) en la cinta subsuperficial iniciando se ve un mayor porcentaje de nitrógeno acumulado en la etapa fenológica de germinación y conforme avanza la edad del cultivo comparten similitudes y referente a la cinta superficial donde estas fuentes fueron aplicadas la dinámica de acumulación en el tiempo fue semejante se deduce que la hipótesis es nula, no existe diferencia alguna entre las distintas fuentes de nitrógeno utilizadas.

La tendencia de las fuentes que proporcionaron el nitrógeno, el fósforo, potasio, boro y zinc mostraron que evaluadas en las dos modalidades de fertirriego (cinta subsuperficial y cinta superficial) incidieron en una tasa de acumulación distintas a través del tiempo, viéndose favorecida el fertirriego subsuperficial sobre la superficial con picos más altos y en edad del cultivo donde su tasa de absorción según el nutriente es mayor en la variedad de caña utilizada.

Frente a los impactos económicos de los dos sistemas se considera que con la cinta subsuperficial se obtiene mayor rentabilidad por el gasto total por hectarea y la vida útil mayor que sería decisivo a través del tiempo por la amortización de los costos de inversión. Cabe resaltar que en caso general de las toneladas de caña por hectarea se ve reflejado un mejor resultado en la cinta superficial por intervención del ganado que invadía la suerte 52E que poseía la cinta subsuperficial y se comía algunos órganos de la planta, afectando su desarrollo normal.

### **Recomendaciones**

Realizar análisis de suelos y foliares con el propósito de orientar las necesidades del cultivo y aplicar lo necesario para mejor aprovechamiento de la planta

Utilizar fuentes compatibles y de alta solubilidad para evitar obstrucción en los goteros y para que la planta sea capaz de absorber de manera rápida los nutrientes

Implementar sistemas de fertirriego para tener un menor gasto de agua y fertilizantes aportando además a la sostenibilidad

Los nutrientes acumulados en las dos modalidades de fertirriego se mostraron con una pequeña diferencia, pero con mejores resultados en el fertirriego sub superficial principalmente en la etapa fenológica de mayor absorción de cada nutriente en la variedad de caña de azúcar 01 1940. Además, su diferencia en costo de instalación y reparación es menor que en el fertirriego superficial y tiene un mayor tiempo de uso, por lo tanto, se recomienda la utilización del sistema de fertirriego sub superficial en el cultivo de caña de azúcar.

## Bibliografía

- Aguilar Rivera, N. (2015). Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar. *Sivi Caña*, 1,20.
- Retrieved from [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/CA%C3%91A\\_DE\\_AZ%C3%91ACAR,\\_FICHA\\_T%C3%89CNICA.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%91ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf)
- Cadahía, L. C. (2005). Fertirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales (3a. ed.). Retrieved from <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co>
- Campos, A y Cruz, D. (2018). Riego por goteo en el cultivo de la caña de azúcar. Cali, Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia. Recuperado de: [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/documentos\\_no\\_seriados/libro\\_riego\\_por\\_goteo/libro\\_riego\\_por\\_goteo\\_2019.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_riego_por_goteo/libro_riego_por_goteo_2019.pdf)
- Cenicaña (1995). El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia. Recuperado de: [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/documentos\\_no\\_seriados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p3-394.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p3-394.pdf)
- CENICAÑA. (2018). Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940 (Issue 39). Recuperado de: [https://www.cenicana.org/pdf\\_privado/serie\\_tecnica/st\\_40/st\\_40.pdf](https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_40/st_40.pdf)
- Cenicaña colombia. *El Sector Azucarero Colombiano En La Actualidad*. Florida valle de la cauca: Cenicaña colombia. Retrieved from <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- EcuRed contributors. (2019). Fertirrigación. Recuperado de: <https://www.ecured.cu/index.php?title=Fertirrigaci%C3%B3n&oldid=3512946>
- Intagri S.C. (s.f). Importancia de la Evaluación de la Eficiencia de los Sistemas de Riego por Goteo. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/importancia-de-la->

evaluacion-de-la-eficiencia-de-los-sistemas-de-riego

Lucero-Vega, Gregorio, Troyo-Diéquez, Enrique, Murillo-Amador, Bernardo, Nieto-Garibay, Alejandra, Ruíz-Espinoza, F. Higinio, Beltrán-Morañes, F. Alfredo, & Zamora-Salgado, Sergio. (2017). Diseño de un sistema de riego subterráneo para abatir la evaporación en suelo desnudo comparado con dos métodos convencionales. *Agrociencia*, 51(5), 487-505.

Recuperado en 21 de noviembre de 2019, de:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000500487&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000500487&lng=es&tlng=es).

Margulis, L. y Sagan, D. (s.f) El proceso de nutrición en las plantas.

Martínez, C. F. J. (2014). Introducción al riego. Retrieved from <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co>

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2002). EL SUELO Propiedades físicas-químicas Conservación. 1–16.


Moya, T. J. A. (2009). Riego localizado y fertirrigación (4a. ed.). Retrieved from <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co>

Sánchez Gutiérrez, Ricardo A., Servin Palestina, Miguel, Gutiérrez Bañuelos, Héctor, & Serna Pérez, Alfonso. (2017). Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 429-435 <https://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4255>

Subiros, R. F. (1995). Cultivo de la caña de azúcar. Recuperado de [https://books.google.com.co/books?id=2wpC1j2AmkAC&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.co/books?id=2wpC1j2AmkAC&hl=es&source=gbs_navlinks_s)



## Anexos

 <b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b> Laboratorio Químico de Campo Análisis de Tejido Foliar Fecha: Febrero 4 de 2020	<b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b>	
	Laboratorio Químico de Campo	
	Análisis de Tejido Foliar	
	Fecha: Febrero 4 de 2020	

PARA:	Ing. Julian Orlando Pineda - Director Zona oriental
HACIENDA:	Piedechinche (080121)
CULTIVO:	Caña de Azúcar
FECHA INGRESO	20/01/2020
FECHA ESTIMADA	10/02/2020


METODOLOGIA DE ANALISIS	
Ca-Mg-K-Na-Cu-Fe-Mn-Zn:	Digestión nitroperclórica
M.O. C.O Walkley and Black	
P - S:	Digestión nitroperclórica
N:	Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)

STE Nº	Nº Lab.	Determinación %												Micronutrientes ppm											
		N-Total	Nivel	S	Nivel	P	Nivel	Ca	Nivel	Mg	Nivel	K	Nivel	Na	Nivel	B	Nivel	Cu	Nivel	Fe	Nivel	Mn	Nivel	Zn	Nivel
052E - Modulo 1	7494	0,77	B	0,29	M	0,15	B	0,66	M	0,44	A	2,13	A	0,02	B	4,60	B	9,00	M	582,07	A	57,40	M	17,14	B
055E - Modulo 1	7495	0,62	B	0,35	M	0,10	B	0,62	M	0,43	A	2,31	A	0,01	B	4,25	B	29,14	A	102,32	M	42,61	B	16,72	B
052E - Modulo 2	7496	0,56	B	0,27	M	0,10	B	0,59	M	0,43	A	2,19	A	0,01	B	4,39	B	9,62	M	202,23	M	53,04	M	17,41	B
055 - Modulo 2	7497	0,62	B	0,39	A	0,10	B	0,68	M	0,44	A	2,25	A	0,01	B	4,46	B	32,60	A	171,39	M	48,23	B	17,91	B


**Observaciones:** Se recomienda refuerzo de nitrógeno, elementos menores Hierro (Fe), Boro (B) y cinc (Zn)  
 Los resultados de los análisis, corresponden sólo a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.  
 \* Las interpretaciones de los resultados se realizan con base en: Malavolta\_1989

Nivel: A= Alto      M= Medio      B= Bajo

Cordialmente,

  
 Ing. Cesar Augusto Gascas V. 80000207  
 Director - Lab. Químico de Campo

  
 Juan Darío Villalobos G. 8000762  
 Analista I - Lab. Químico de Campo

 <b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b> Laboratorio Químico de Campo Análisis de Tejido Foliar Fecha: Marzo 8 de 2020	<b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b>	
	Laboratorio Químico de Campo	
	Análisis de Tejido Foliar	
	Fecha: Marzo 8 de 2020	

PARA:	Ing. Julian Orlando Pineda - Director Zona oriental
HACIENDA:	Piedechinche (080121)
CULTIVO:	Caña de Azúcar
FECHA INGRESO	18/02/2020
FECHA ESTIMADA	13/03/2020


METODOLOGIA DE ANALISIS	
Ca-Mg-K-Na-Cu-Fe-Mn-Zn:	Digestión nitroperclórica
M.O. C.O Walkley and Black	
P - S:	Digestión nitroperclórica
N:	Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)

STE Nº	Nº Lab.	Determinación %												Micronutrientes ppm											
		N-Total	Nivel	S	Nivel	P	Nivel	Ca	Nivel	Mg	Nivel	K	Nivel	Na	Nivel	B	Nivel	Cu	Nivel	Fe	Nivel	Mn	Nivel	Zn	Nivel
052E - Modulo 1	7411	1,08	B	0,18	B	0,12	B	1,63	A	0,18	B	1,93	A	0,02	B	1,51	B	3,19	B	209,28	M	72,59	M	19,11	B
052E - Modulo 2	7412	0,95	B	0,29	M	0,13	B	1,63	A	0,18	B	1,94	A	0,02	B	1,30	B	3,76	B	135,47	M	45,78	B	13,06	B
055 - Modulo 1	7413	0,85	B	0,23	M	0,13	B	1,66	A	0,22	M	1,85	A	0,02	B	1,44	B	1,85	B	129,81	M	49,86	B	14,94	B
055 - Modulo 2	7414	0,90	A	0,24	M	0,11	B	1,66	A	0,20	B	1,88	A	0,02	B	1,65	B	1,02	B	143,54	M	42,54	B	52,28	A

**Observaciones:** Se recomienda refuerzo de nitrógeno, elementos menores Hierro (Fe), Boro (B) y cinc (Zn)  
 Los resultados de los análisis, corresponden sólo a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.  
 \* Las interpretaciones de los resultados se realizan con base en: Malavolta\_1989

Nivel: A= Alto      M= Medio      B= Bajo

Cordialmente,

 <b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b> Laboratorio Químico de Campo Análisis de Tejido Foliar Fecha: Abril 10 de 2020	<b>INGENIO PROVIDENCIA S.A.</b>	
	Laboratorio Químico de Campo	
	Análisis de Tejido Foliar	
	Fecha: Abril 10 de 2020	

PARA:	Ing. Diego Jimenez - Director Zona oriental
HACIENDA:	Piedechinche (080121)
CULTIVO:	Caña de Azúcar
FECHA INGRESO	28/03/2020
FECHA ESTIMADA	17/04/2020

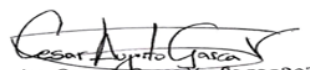
METODOLOGIA DE ANALISIS	
Ca-Mg-K-Na-Cu-Fe-Mn-Zn:	Digestión nitroperclórica
M.O. C.O Walkley and Black	
P - S:	Digestión nitroperclórica
N:	Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)

STE Nº	Nº Lab.	Determinación %												Micronutrientes ppm											
		N-Total	Nivel	S	Nivel	P	Nivel	Ca	Nivel	Mg	Nivel	K	Nivel	Na	Nivel	B	Nivel	Cu	Nivel	Fe	Nivel	Mn	Nivel	Zn	Nivel
052E - Modulo 1	7227	1,48	B	0,12	B	0,12	B	0,56	M	0,26	M	1,25	M	0,02	B	1,44	B	27,94	A	116,49	M	44,11	B	14,86	B
052E - Modulo 2	7228	1,46	B	0,18	B	0,16	B	1,95	A	0,31	A	1,72	A	0,02	B	1,30	B	8,97	M	115,00	M	48,31	B	33,43	M
055 - Modulo 1	7229	1,33	B	1,75	A	0,06	B	1,59	A	0,25	M	1,42	M	0,02	B	1,02	B	5,01	B	111,54	M	48,49	B	20,87	B
055 - Modulo 2	7230	1,30	B	1,90	A	0,06	B	1,85	A	0,32	A	1,47	M	0,01	B	1,37	B	6,73	B	133,52	M	57,27	M	23,44	B

**Observaciones:** Se recomienda refuerzo de nitrógeno, elementos menores Hierro (Fe), Boro (B) y cinc (Zn)  
 Los resultados de los análisis, corresponden sólo a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.  
 \* Las interpretaciones de los resultados se realizan con base en: Malavolta\_1989

Nivel: A= Alto      M= Medio      B= Bajo

Cordialmente,

  
 Ing. Cesar Augusto Gascas V. 80000207  
 Director - Lab. Químico de Campo

  
 Juan Darío Villalobos G. 8000762  
 Analista I - Lab. Químico de Campo



PARA: Ing. Diego Jiménez - Director Zona  
HACIENDA: Piedechinche (080121)  
CULTIVO: Caña de Azúcar  
FECHA INGRESO: 25/052020

METODOLOGIA DE ANALISIS	
Ca-Mg-K-Na-Cu-Fe-Mn-Zn:	Digestión nitroperclórica M.O. C Walkley and Black
P - S:	Digestión nitroperclórica N: Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)

STE Nº	Nº Lab.	Determinación %														Micronutrientes ppm									
		N - Total	Nivel	S	Nivel	P	Nivel	Ca	Nivel	Mg	Nivel	K	Nivel	Na	Nivel	B	Nivel	Cu	Nivel	Fe	Nivel	Mn	Nivel	Zn	Nivel
052E - Modulo 1	6976	1,97	M	0,52	A	0,19	M	1,00	M	0,46	A	1,36	M	0,01	B	1,79	B	18,87	A	165,33	M	42,40	B	17,28	B
052E - Modulo 2	6977	1,88	B	0,46	A	0,18	B	0,87	M	0,39	A	1,27	M	0,01	B	2,28	B	15,01	A	113,22	M	49,84	B	15,50	B
055 - Modulo 1	6978	1,86	B	0,63	A	0,21	M	1,13	A	0,46	A	1,32	M	0,02	B	2,42	B	17,67	A	151,88	M	49,30	B	17,62	B
055 - Modulo 2	6979	1,91	M	0,52	A	0,20	M	1,40	A	0,54	A	1,17	M	0,01	B	3,20	B	19,28	A	302,09	M	67,66	M	16,92	B

**Observaciones:** Se recomienda refuerzo de nitrógeno, elementos menores Hierro (Fe), Boro (B) y cinc (Zn)  
Los resultados de los análisis, corresponden sólo a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.  
\* Las interpretaciones de los resultados se realizan con base en: **Malavolta\_1989**

Nivel: A= Alto      M= Medio      B= Bajo

COPIA: Archivo.



PARA: Ing. Julian Orlando Pineda - Director Zona oriental  
HACIENDA: Piedechinche (080121)  
CULTIVO: Caña de Azúcar

METODOLOGIA DE ANALISIS	
Ca-Mg-K-Na-Cu-Fe-Mn-Zn:	Digestión nitroperclórica M.O. C Walkley and Black
P - S:	Digestión nitroperclórica N: Kjeldahl
B:	Galmes Mitchell, 1979 (colorimetría)

STE Nº	Nº Lab.	Determinación %														Micronutrientes ppm									
		N - Total	Nivel	S	Nivel	P	Nivel	Ca	Nivel	Mg	Nivel	K	Nivel	Na	Nivel	B	Nivel	Cu	Nivel	Fe	Nivel	Mn	Nivel	Zn	Nivel
052E - Modulo 1 - Valvula 62	7989	0,60	B	1,37	A	0,07	B	0,77	M	0,16	B	1,61	A	0,02	B	2,35	B	4,69	B	196,02	M	81,05	M	19,66	B
052E Modulo 2 - Valvula 61	7990	0,53	B	1,50	A	0,03	B	0,30	M	0,24	M	1,52	A	0,02	B	3,48	B	5,43	B	313,60	M	57,55	M	14,44	B
055 Modulo 1 - Valvula 71	7991	0,57	B	1,94	A	0,08	B	0,69	M	0,16	B	1,63	A	0,01	B	3,27	B	1,35	B	150,81	M	25,21	B	18,04	B
055 Modulo 2 - Valvula 47 y 48	7992	0,77	B	1,78	A	0,10	B	0,69	M	0,15	B	1,82	A	0,02	B	3,34	B	1,32	B	221,65	M	34,82	B	18,72	B

**Observaciones:** Se recomienda refuerzo de nitrógeno, elementos menores Hierro (Fe), Boro (B) y cinc (Zn)  
Los resultados de los análisis, corresponden sólo a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.  
\* Las interpretaciones de los resultados se realizan con base en: **Malavolta\_1989**

Nivel: A= Alto      M= Medio      B= Bajo

Cordialmente

Ing. Cesar Casaca - 86000207  
Director - Lab. Químico de Campo

Juan Pablo Villalobos G. - 86000207  
Analista I - Lab. Químico de Campo